ПРОДОЛЖЕНИЕ МОНИТОРИНГОВЫХ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА СТАНЦИИ БЕЛЛИНСГАУЗЕН В ПЕРИОД РАБОТЫ 52-Й РАЭ

В.В.ПОВАЖНЫЙ (ММБИ КНЦ РАН),
А.В.НЕЕЛОВ (ЗИН РАН)

Регулярные круглогодичные гидрологические работы на станции Беллинсгаузен (бухта Ардли, о. Кинг-Джорж, Южные Шетландские о-ва) ученые Зоологического иститута РАН начали проводить с 2006 г в составе 51-й РАЭ. В задачу исследований на станции по Программе МПГ 2007/08 также были включены работы по изучению сезонной динамики прибрежного зоопланктонного сообщества в бухте Ардли в период с февраля 2007 по февраль 2008 г., которые стали продолжением программы круглогодичного мониторинга состояния пелагиали бухты, динамики ее качественного и количественного состава, начатой в 51-й РАЭ; предварительные результаты этих исследований уже опубликованы. Наблюдающееся в последние годы в районе Антарктического п-ова значительное потепление климата вызывает связанное с этим явлением таяние наземных льдов. Как показано многими исследователями, этот процесс сопровождается изменениями в биологических сообществах. К сожалению, наблюдения за морскими экосистемами в данном районе весьма фрагментарны и пока не дают полной картины сдвигов в структуре прибрежных морских пелагических и донных экосистем.

В отечественной литературе также весьма мало сведений по динамике и фенологии экосистем антарктических пресных водоемов в течение года. В пресноводных озерах п-ова Файлдс в достаточно суровых природных условиях региона происходит формирование специфического планктонного сообщества с доминированием одного-двух видов консументов низких порядков. Изучение условий обитания, физиологии и продуктивности пресноводного зоопланктона представляет значительный интерес в связи с предполагаемым увеличением продолжительности безледного периода в таких озерах в случае потепления климата.

Во время зимовки 2007/08 г. в составе 52-й РАЭ проведено изучение сезонной динамики мезопланктонного сообщества прибрежной зоны бухты Ардли о. Кинг-Джорж, отбор проб фито-, бактерио- и микро- и мезозоопланктона прибрежной зоны, а также изучение пресноводного планктонного сообщества оз. Китеж (п-ов Файлдс) в районе станции

Беллинсгаузен и отдельных его представителей, в частности доминантного вида копепод оз. Китеж - *Pseudoboeckella poppei.*

Работы выполнялись в соответствии с Планом НИОКР по Проекту 11 (2.2.7.1.) «Провести комплексное изучение антарктической биоты» и по Проекту 2 направления 1 «Современный климат» подпрограммы «Изучение и исследование Антарктики» ФЦП «Мировой океан» и в соответствии с международным проектом МПГ 2007/08 «ClicOPEN» (Impact of CLImate induced glacial melting on marine and terrestric Coastal communities on a gradient along the Western Antarctic PENinsula), направленным на оценку воздействия таяния ледников на морские и прибрежные экосистемы района Антарктического п-ова.

Пробы мезопланктона в бухте Ардли в период открытой воды отбирали, как и ранее, на станциях I и II (рис. 1) по стандартным методикам. Подробные сведения о всех проведенных работах и их результаты будут опубликованы в сборнике «Проблемы Арктики и Антарктики».

В зимнее время гидробиологические исследования совмещались с гидрологическими, и с 21 июня по 30 сентября 2007 г. их проводили в точке с координатами 62° 12'09'' ю.ш. 58° 57'20''в.д. («PGT») 2 раза в месяц. Глубина в точке отбора проб составила 20 м. В точке «PGT» пробы мезозоопланктона отбирали методом тотального вертикального лова (20-0 м), попутно отбирали пробы фито- и микрозоопланктона с поверхности, а также пробы взвеси.

В зимний период на оз. Китеж проводили работы по изучению планктонного сообщества озера подо льдом. Глубина в точке отбора проб составила 8 м. Отбор проб мезозоопланктона проводили методом тотального вертикального лова планктонной сеткой (8-0 м) (рис. 2.), пробы микрозоо- и фитопланктона отбирали с поверхности. В слое 0-5 м кислородным датчиком Марк-201 (рис. 3) измерено содержание кислорода. В декабре 2007 г. в озере по слоям измерено содержание в воде органической взвеси.

Пресноводный вид копепод - *Pseudoboeckella poppei* (*Calanoida)* (рис. 4) выбран для проведения серии экспериментов в силу высокой численности вида в оз. Китеж, его яркой окраски и крупных размеров, что облегчает работу с ним в экспериментальных лабораторных условиях, в том числе по определению особенностей питания и калорийности тела животного.

Для отбора ракообразных использовали кратковременную наркотизацию копепод 1% лидокаином. Опыты проводили в природной воде, профильтрованной через мембранный фильтр Владипор № 2. Для учета дыхания бактерий использовали метод холостой пробы. Опыты проводили при температуре 10-12 °С в емкости с водой. Экспозиция опытов составляла 20-25 ч.

Для проведения экспериментов в зимнее время были разработаны условия культивирования псевдобокелли в лабораторных условиях в емкостях объемом 1,5-3,0 л с использованием в качестве кормовых организмов простейших, разводимых в отдельных сосудах.

Также определена первичная продукция в озере методом экспозиции светлой и темной склянок в поверхностном слое воды в течение суток с последующим определением кислорода по Винклеру.

Результаты исследований. На станции с 27 февраля 2007 г. по 10 февраля 2008 г. выполнено восемь выходов в море на лодке типа «Зодиак». В зимний период в точке «PGT» выполнено шесть выходов на лед. В период работы 52-й РАЭ в бухте Ардли было отобрано 46 количественных проб мезопланктона, 18 проб фитопланктона (горизонты 50 и 0 м), 18 проб микрозоопланктона (горизонт 0 м), 14 проб содержания общей взвеси и 72 пробы на соленость.

На оз. Китеж с 26 июня по 22 декабря 2007 г. отобрано со льда 5 проб мезо-, микрозоо- и фитопланктона. С 1 ноября по 22 декабря 2007 г на горизонтах 0-5 м датчиком кислорода Марк-201 проведено пять

Рис. 1. Расположение планктонных станций (Ст. I и Ст. II) в бухте Ардли

Рис. 2. Рабочий момент отбора проб сетного планктона

Рис. 3. Измерение содержания кислорода в оз. Китеж датчиком Марк-201

измерений содержания растворенного кислорода в воде. В период частичного разрушения ледового покрова на озере также измерено содержание кислорода и органической взвеси в поверхностном и придонном горизонтах (два измерения).

При измерении показаний температуры воды, полученных термометрами ТГ на ст. I и II (табл. 1), отмечена значительная температурная стратификация водной толщи на протяжении большей части периода открытой воды (практическая гомотермия отмечена лишь 15 марта 2007 г.). В весенне-летний период при интенсивном прогреве верхних слоев воды наблюдалась прямая стратификация, в осенний период при начале охлаждения водной толщи - обратная стратификация. Особенно сильно температурный градиент был выражен в слое 0-10 м.

Соленостная стратификация водной толщи в точках отбора в период открытой воды была выражена значительно слабее (табл. 1).

По времени появления льда и образования сплошного припая, а также по абсолютной температуре воздуха прошедшую зиму 2007 г. на о. Кинг-Джордж можно отнести к аномально холодным. По сравнению с аномально теплой зимой 2006 г., отмеченные ледовые явления в бухте Ардли зарегистрированы в среднем на 2 месяца раньше.

С конца апреля по конец сентября 2007 г. сплошной ледовый покров наблюдался на акватории всей бухты Ардли. 21 июня 2007 г. толщина льда в бухте составила 75 см. Толщина снежного покрова на льду достигла 20 см. К моменту окончания работ на льду 30 сентября 2007 г. толщина льда в точке отбора проб составила 90 см, толщина снежного покрова на льду выросла до 40 см. Температура воды в указанный период менялась незначительно - от -1,9 до -1,7 °С. Температурная стратификация в точке отбора проб была выражена слабо. Соленость воды в точке отбора проб (измеренная CTD-зондом) за этот период была от 34,6 до 35,05 ‰.

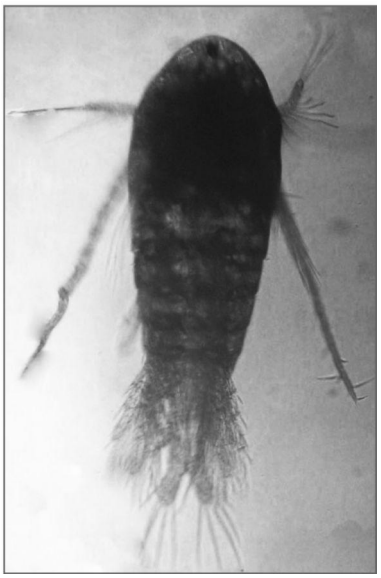

Рис. 4. *Pseudoboeckella poppei* - доминантный вид зоопланктона оз. Китеж

Предварительные результаты обработки проб мезозоопланктона, отобранных с 27 февраля 2007 г. по 26 января 2008 г., обобщены в табл. 2 и 3. Численность организмов в таблицах приведена в пересчете на 1 м^2 акватории.

В течение всего года доминирующим по численности видом сетного зоопланктона был представитель отряда *Cyclopoida* (класс *Copepoda)* - *Oithona similis.* Данный вид распространен всесветно и играет заметную роль во многих прибрежных морских экосистемах. Максимальная численность ойтоны в пересчете на 1 м^2 была зарегистрирована в зимний период - до 2900 экз/м^2. В период открытой воды численность вида значительно снижалась вплоть до полного отсутствия в пробах. Это же самое в полной мере относится и к другому представителю *Cyclopoida* - *Oncea curvata,* также отмечавшемуся в пробах на протяжении всего года в значительном количестве. Третим, но крайне немногочисленным представителем *Cyclopoida,* отмеченным в пробах в зимнее время, была *Oithona frigida.*

Среди представителей *Calanoida,* отмеченных в пробах, также преобладали мелкие виды. Наиболее многочисленным среди них был *Ctenocalanus citer.* Пик численности данного вида также был отмечен в зимний период (до 120 экз/м^2). Два других мелких вида каляноид - *Microcalanus pygmaeus* и *Stephos longipes* - отмечались в пробах не регулярно и имели меньшую численность. Указанные виды, по всей видимости, успешно размножаются в водах бухты, однако для учета всех возрастных стадий мелких каляно-

ид требуется планктонная сеть с меньшим размером ячеи. Более крупный вид *Metridia cf. gerlacheri,* отмеченный в качестве одного из доминантных в пробах 2006-2007 гг., зарегистрирован в сезон 2007/08 г. эпизодически на младших копеподитных стадиях (максимум численности в зимний период).

Крупные представители *Calanoida* отмечены в пробах изредка и своим появлением в бухте Ардли, видимо, обязаны адвекции вод открытой части пролива Брансфилда. Так, крупный вид *Calanoides acutus* отмечен в пробах в летний период на половозрелой стадии (размножение вида происходит в эпипелагиали). Данный вид не был отмечен в пробах 2006-2007 гг. Вместе с тем в сборах 2007-2008 гг. не был обнаружен отмеченный ранее *Rhincalanus gigas,* также многочисленный в более глубоководных районах. Единственный раз в пробах был отмечен крупный хищный вид *Paraeuchaeta cf. antarctica.* Адвекцией вод можно объяснить и появление в пробах батипелагического *Spinocalanus abyssalis.*

Копеподы являются доминантной группой мезозоопланктона бухты. Среди других групп голопланктонных организмов стоит отметить появление в пробах в летний период яиц и личинок гребневиков (взрослые особи не были отмечены), а также отмеченную единственный раз личинку *Siphonophorae* (определение требует уточнения).

Значительную роль в планктонном сообществе бухты Ардли играют мезопланктонные организмы. Наиболее многочисленный компонент мезопланктона, отмечаемый круглый год, - яйца и личинки *Ascidia* (максимум численности в начале осени). В летний период в планктоне отмечались личинки полихет (до 140 экз/м^2), подо льдом в планктоне обнаружены личинки *Echinodermata.*

В целом количество мезопланктона в бухте Ардли в исследованный период было крайне невелико. Основными потребителями продукции фитопланктона Субантарктики являются эвфаузиевые рачки - в особенности *Euphausia superba.* Однако эти крупные подвижные организмы крайне редко отмечаются в сетных пробах. Для изучения данной группы планктона необходимы специальные тралы. Эвфаузииды в больших количествах были отмечены лишь во время штормов в выбросах макрофитов.

Рис. 5. Необычно раннее появление плавающего льда в бухте Ардли (15 апреля 2007 г.)

Исследования оз. Китеж. В оз. Китеж доминирующим видом мезозоопланктона подо льдом являлся рачок *Pseudoboeckella poppei (Copepoda, Calanoida).* При этом в июне численность его была крайне высока - 1158 экз/м^3 (табл. 4). В популяции были отмечены все возрастные стадии. Однако большое количество (6 % общей численности) мертвых особей, а также высокая заселенность рачков эпизойными инфузориями-перитрихами (до 40 % общей численности) свидетельствовали о неблагоприятной ситуации, сложившейся в популяции. Помимо бокелли в сетных пробах были отмечены крупные половозрелые бранхиоподы *Branchinecta sp.* , а также придонные кладоцеры *Macrothrix sp.* В августе и в последующие месяцы количество рачков в пробах из озера заметно снизилось, од-

Таблица 1. Температура и соленость воды, измеренные по горизонтам на станциях отбора планктонных проб во время выходов на моторной лодке

Горизонт отбора проб	27.02.07		15.03.07		31.03.07		10.12.07		27.12.07		11.01.08		26.01.08		9.02.08	
	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II	Ст. I	Ст. II
Температура воды, °С																
0 м	1,53	1,49	0,75	0,85	0,22	0,22	−0,23	−0,47	0,4	0,35	0,82	0,67	0,77	0,79	1,7	1,48
10 м	–	1,19	0,77	0,82	0,55	0,55	−0,32	−0,35	0,09	0,32	0,5	0,49	0,62	0,67	0,79	0,92
15 м	1,24	–	0,71	0,79	0,58	0,62	−0,37	−0,36	0,02	–	0,52	0,44	0,6	0,59	0,73	0,86
25 м	1,18	1,22	0,84	0,79	0,6	0,63	−0,4	−0,3	−0,04	−0,04	0,4	0,37	0,57	0,56	0,73	0,71
50 м	–	1,19	–	0,84	–	0,62	–	−0,4	–	−0,1	–	0,19	–	0,56		0,61
Соленость, PSU																
0 м	33,6	33,9	34,3	34,3	33,9	34,0	33,9	33,8	33,5	34,1	33,9	34,0	33,9	33,9		
10 м	–	34,1	34,2	34,3	33,8	34,0	34,0	33,8	33,7	33,4	34,1	34,0	34,1	33,9		
15 м	34,1	–	34,1	34,1	34,1	34,0	33,9	33,9	33,7	33,8	34,1	33,8	34,0	33,9		
25 м	34,3	34,2	34,3	34,2	34,1	34,0	34,1	34,0	33,9	33,8	33,9	34,0	34,1	34,1		
50 м	–	34,3	–	34,3	–	34,1	–	34,1	–	34,1	–	34,2	–	34,1		

Таблица 2. Численность мезозоопланктона (экз/м^2) в бухте Ардли по данным сетных ловов на станциях I и II

Таксон	27.02.07		15.03.07		31.03.07		10.12.07		27.12.07		11.01.08		26.01.08	
	Ст.I	Ст.III	Ст.I	Ст.III	Ст.I	Ст.III	Ст.I	Ст.III	Ст.I	Ст.III	Ст.I	Ст.III	Ст.I	Ст.III
Oithina similis		160	120	200	50	330	320	440	110	350	50	250	280	870
Oncea curvata		20		20	20	80	10	70		20	10			
Ovae varia (Ascidia?)	10	180	110	90	70	180	20	100		10	70	130	10	40
Ovae Ctenophora							40	210					40	20
Ctenocalanus citer		20	10	30		30	20	80	10	10		10	10	30
Calanoides acutus		10					20	20			30			
Spinocalanus abyssalis	10													30
Siphonophorae larv. (?)		10												10
Nemertini pilidium		10												
Harpacticoida varia			20	40	10	20		10				50	10	10
Clausocalanus brevipes			10											
Polychaeta larvae						30	30	80	140	50		40	20	
Metridia sp.						10								
Microcalanus pygmaeus						10		50						
Nauplius Calanoida						20		30				20		20
Ascidia larvae						10								
Ostracoda gen.sp.						10								
Ctenophora larvae							10	240						10
Echinodermata larvae										10				
Paraeuchaeta cf. antarctica												10		

Таблица 3. Численность сетного зоопланктона в бухте Ардли в точке «PGT», экз/м^2

Таксон	09.03.07	28.06.07	19.07.07	31.07.07	13.08.07	03.09.07	18.09.
Oithina similis	350	680	1280	2900	1520	870	690
Oithona frigida						20	20
Oncea curvata	30	140	20				
Oncea sp.		10					
Ovae varia (Ascidia?)	240	10	40	100	10	120	10
Ctenocalanus citer	10	40	50	120	120	90	20
Harpacticoida varia	20	60	60	70	40	260	120
Clausocalanus brevipes		20					
Polychaeta larvae	10	10					
Metridia sp.		30	110	110	30	20	
Microcalanus pygmaeus		20	60	60			
Nauplius Calanoida			80	70		10	10
Ascidia larvae			60	20	60	90	
Ctenophora larvae							10
Echinodermata larvae					30	30	30
Stephos longipes		20			40		10

нако при этом в популяции были отмечены размножающиеся самки. В пробах также присутствовали неполовозрелые бранхиоподы новой генерации. Таким образом, подо льдом озера сохраняются условия для размножения организмов мезо- и макрозоопланктона.

Проведено исследование калорийности тела взрослых особей рачка, которое в дальнейшем необходимо дополнить изучением энергетической ценности науплиальных стадий рачка.

Особенностью существования популяции *Pseudoboeckella poppei* в оз. Китеж является полное отсутствие хищников, поедающих бокеллю. С 13 марта по 4 мая 2007 г. проведено 18 методически корректных опытов по определению индивидуального потребления кислорода псевдобокеллей.

После определения условий культивирования простейших и получения устойчивой культуры проведено три эксперимента по определению интенсивности питания *Pseudoboeckella poppei.* Работы необходимо продолжить с целью установить интенсивность питания копеподы при различной концентрации пищи.

Условия существования *Pseudoboeckella poppei* в оз. Китеж в зимний период (температуру воды и содержание растворенного кислорода измеряли датчиком Марк-201 в верхнем 4,5-метровом слое

воды в центре озера) изучали в период с 1 ноября по 22 декабря 2007 г. В придонных горизонтах водной толщи складываются условия, неблагоприятные для существования зоопланктона.

Таблица 4. Численность сетного зоопланктона в оз. Китеж подо льдом, экз/м^3

Таксон	24.06.07	09.09.07	01.11.07	21.11.07	9.12.07	22.12.07
Pseudoboeckella poppei	1158	747	471	485	465	751
Nauplius Pseudodoeckella	31		358	390	124	1285
Branchinecta sp.	3	9	26	11	39	4
Macrothrix sp.	10	7	8			

Содержание органической взвеси в водах озера определено по методике измерения индивидуальной калорийности копепод. По содержанию органической взвеси воды, бедные и богатые кислородом, сильно различаются (табл. 5). При этом максимальное обилие организмов зоопланктона, по данным отбора батометрических проб (до 11 экз/л), регистрируется в слое 6 м, т.е. вблизи границы двух типов вод в области максимальной концентрации органической взвеси в насыщенных кислородом водах.

Изучение условий существования зоопланктона оз. Китеж необходимо дополнить исследованиями в летний период. Особый интерес могут представлять данные по содержанию органической взвеси и первичной продукции в период перед образованием на озере сплошного ледового покрова с целью определить количество взвеси, потребляемой зоопланктоном.

Выводы

1. Небольшая глубина и специфический гидрологический режим бухты Ардли приводят к значительной перестройке мезопланктонного сообщества по сравнению с соседними глубоководными участками. В планктоне при этом доминирующую роль начинают играть мелкие виды, размножающиеся в течение всего года.

2. В зимний период при отсутствии волнения и интенсивного перемешивания вод в бухте Ардли мелкие планктонные формы увеличивают свою численность.

Таблица 5. Содержание органической взвеси в оз. Китеж в зимний период, Дж/л

Глубина, м	Дата отбора проб	
	14.12.07	22.12.07
0	1,17	–
1,5	2,24	2,95
6	–	3,72
7	–	10,01
8	13,66	–

3. Крупные представители отряда *Calanoida* отмечаются в планктонных пробах изредка и своим появлением в бухте обязаны адвекции вод открытой части пролива Брансфилда.

4. В оз. Китеж доминирующим видом мезозоопланктона подо льдом являлся рачок *Pseudoboeckella poppei* (*Copepoda*, *Calanoida*); подо льдом озера сохраняются условия для размножения организмов мезо- и макрозоопланктона.

5. В конце зимнего периода в оз. Китеж отмечены стратификация и гипоксия, при этом в придонных горизонтах складываются условия, неблагоприятные для существования зоопланктона. Максимальное обилие организмов зоопланктона регистрируется в области максимальной концентрации органической взвеси в насыщенных кислородом слоях воды.

Фотографии предоставлены авторами